

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. Februar 2001 (15.02.2001)

PCT

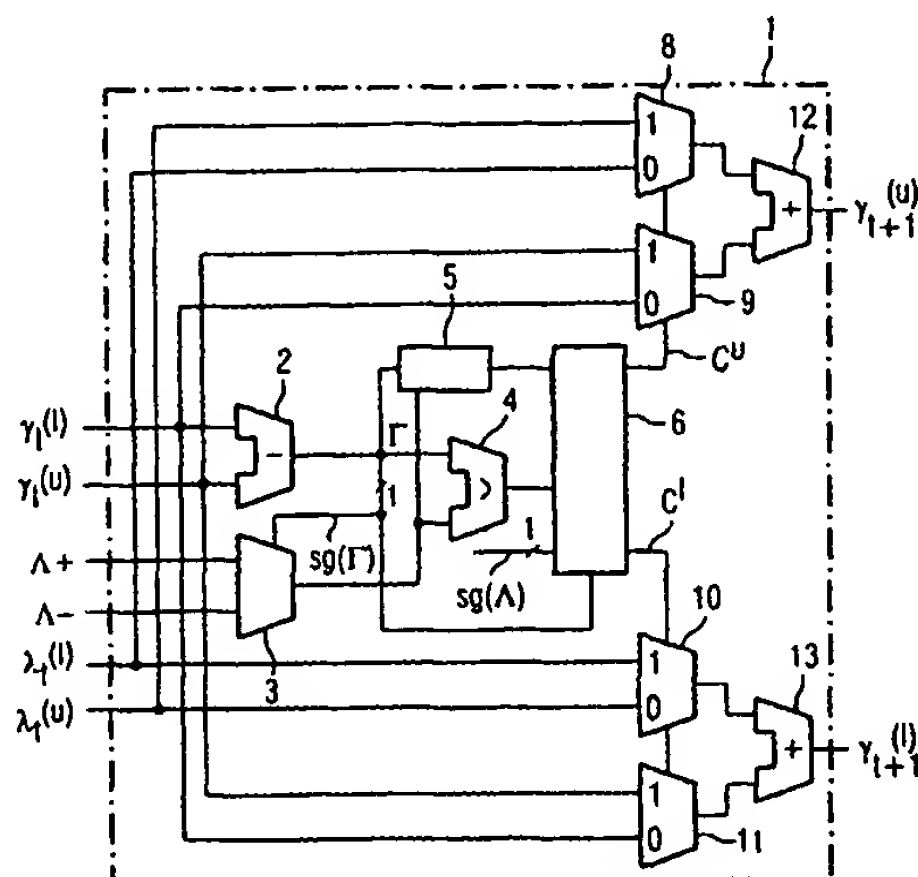
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/11842 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>1</sup>: H04L 25/00 (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02569 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TRÄBER, Mario  
(DE/DE); Untersbergstr. 84, D-81539 München (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 2. August 2000 (02.08.2000) (74) Gemeinsamer Vertreter: INFINEON TECHNOLOGIES AG; Zedlitz, Peter, Postfach 22 13 17, D-80503 München (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, KR, US.  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  
(30) Angaben zur Priorität: 199 37 506.2 9. August 1999 (09.08.1999) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von (US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, D-81541 München (DE). Veröffentlicht:  
— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ACS UNIT FOR A VITERBI DECODER

(54) Bezeichnung: ACS-EINHEIT FÜR EINEN VITERBI-DECODIERER



(57) Abstract: The invention relates to an ACS unit for a Viterbi decoder. In order to determine the path metrics of two states of a time step in a trellis diagram, the inventive unit compares the difference ( $\Gamma$ ) between the path metrics of the two states (19, 20) of a previous time step of the trellis diagram, which are linked to said states by means of branches in the form of a butterfly structure, with the differences ( $\Lambda$ ) of the corresponding branch metrics. The structure of the ACS unit is simplified by evaluating the signs ( $sg(\Gamma)$ ,  $sg(\Lambda)$ ) of both differences.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/11842 A2



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**(57) Zusammenfassung:** Es wird eine ACS-Einheit für einen Viterbi-Decodierer vorgeschlagen, welche zur Ermittlung der Pfadmetriken zweier Zustände eines Zeitschrittes eines Trellis-Diagramms die Differenz ( $\Gamma$ ) der Pfadmetriken der mit diesen beiden Zuständen in Form einer Butterfly-Struktur über Zweige verbundenen beiden Zuständen (19, 20) des vorhergehenden Zeitschrittes des Trellis-Diagramms mit der Differenz ( $\Lambda$  der entsprechenden Zweigmetriken vergleicht. Eine Vereinfachung der Struktur der ACS-Einheit wird dadurch erzielt, daß zusätzlich die Vorzeichen ( $sg(\Gamma)$ ,  $sg(\Lambda)$ ) der beiden Differenzen ausgewertet werden.

## Beschreibung

## ACS-Einheit für einen Viterbi-Decodierer

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine ACS-Einheit (Add-Compare-Select) nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 für einen Viterbi-Decodierer, der insbesondere in Mobilfunkempfängern zur Decodierung von kanalcodierten Mobilfunksignalen einsetzbar ist.
- 10 In den meisten bekannten digitalen Mobilfunkempfängern wird ein Viterbi-Decodierer verwendet. Ein Viterbi-Decodierer ist ein sogenannter Maximum-Likelihood-Decodierer, der in der Regel zur Decodierung von kanalcodierten, insbesondere
- 15 faltungscodierten Mobilfunksignalen verwendet wird. Bei der Kanalcodierung wird im Sender den zu übertragenden Symbolen redundante Information hinzugefügt, um die Übertragungssicherheit zu erhöhen. Bei der Übertragung eines Mobilfunksignals wird dieses jedoch von Rauschen überlagert.
- 20 Die Aufgabe des Empfängers besteht daher darin, anhand der Empfangssequenz aus sämtlichen möglichen Sendesequenzen diejenige Sendesequenz herauszufinden, die mit größtmöglicher Wahrscheinlichkeit der tatsächlichen Sendesequenz entspricht. Diese Aufgabe wird von dem Viterbi-Decodierer wahrgenommen.
- 25 Die bei der Kanalcodierung verwendete Codiervorschrift kann durch ein entsprechendes Trellis-Diagramm beschrieben werden. Der Viterbi-Decodierer ermittelt durch Berechnung sogenannter Metriken denjenigen Pfad des Trellis-Diagramms, der abhängig
- 30 von der jeweiligen Ausgestaltung des Decodierers die größte oder kleinste Pfadmetrik besitzt. Anhand dieses Pfads des Trellis-Diagramms kann dann die decodierte Sequenz bestimmt und ausgegeben werden.
- 35 Nachfolgend sollen kurz die Grundlagen der Viterbi-Decodierung näher erläutert werden.

## 2

In Fig. 4 ist beispielhaft ein Trellis-Diagramm mit jeweils vier unterschiedlichen Zuständen zu den Zeitpunkten  $t \dots t+3$  dargestellt, die beispielsweise den Bitzuständen '00', '10', '01' und '11' entsprechen. Jeder Symbolsequenz ist in dem  
 5 Trellis-Diagramm ein entsprechender Pfad zugeordnet. Ein Pfad umfaßt dabei eine Folge von Zweigen zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Zuständen. Jeder Zweig symbolisiert dabei einen Zustandsübergang zwischen zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Zuständen, wobei beispielsweise der von  
 10 einem Zustand ausgehende obere Zweig einem Empfangssymbol mit dem binären '0' und der von demselben Zustand ausgehende untere Zweig einem Empfangssymbol mit dem binären Wert '1' entspricht. Jeder dieser Zustandsübergänge, dem eine Zweigmetrik ('Branch Metrik', BM)  $\lambda_t$  zugewiesen ist,  
 15 entspricht einem Sendesymbol. Die Zweigmetrik  $\lambda_t$  ist wie folgt definiert:

$$\lambda_t = |y'_t - r_t|^2$$

20 Dabei entspricht  $r_t$  dem Empfangssymbol zum Zeitpunkt  $t$  und  $y'_t$  dem davon abhängig erwarteten Sendesymbol zum Zeitpunkt  $t$ .

Darüber hinaus ist jedem Pfad durch das Trellis-Diagramm bis  
 25 zum Zeitpunkt bzw. Zeitschritt  $t$  eine Pfadmetrik  $\gamma_t$  zugewiesen.

Bei dem in Fig. 4 gezeigten Trellis-Diagramm handelt es sich insbesondere um ein Trellis-Diagramm mit einer sogenannten  
 30 'Butterfly'-Struktur. Dies bedeutet, daß jeweils zwei Zuständen eines Zeitschritts  $t+1$  des Trellis-Diagramms zwei Zustände des vorhergehenden Zeitschritts  $t$  zugewiesen sind, deren Zweige jeweils zu den erstgenannten Zuständen des Zeitschritts  $t+1$  führen, wobei jeweils zwei Zweigmetriken der  
 35 von unterschiedlichen Zuständen ausgehenden Zweige identisch sind. So bilden beispielsweise die in Fig. 4 gezeigten Zustände, denen die Pfadmetriken  $\gamma_t^{(1)}$ ,  $\gamma_t^{(3)}$ ,  $\gamma_{t+1}^{(2)}$  und  $\gamma_{t+1}^{(3)}$

- zugewiesen sind, eine derartige 'Butterfly'-Struktur, wobei die Zweigmetrik für den Zweig von dem Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_t^{(1)}$  zu dem Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(2)}$  der Zweigmetrik  $\lambda_t^{(3)}$  des Zweigs von dem Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_t^{(3)}$  zu dem Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(3)}$  entspricht, während andererseits die Zweigmetrik des Zweigs von dem Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_t^{(1)}$  zu dem Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(3)}$  der Zweigmetrik  $\lambda_t^{(1)}$  des Zweigs von dem Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_t^{(3)}$  zu dem Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(2)}$  entspricht. Dabei bezeichnet allgemein  $\gamma_t^{(s)}$  die dem Zustand  $s$  im Zeitschritt  $t$  zugewiesene Pfadmetrik, während  $\lambda_t^{(s)}$  die Zweigmetrik des dem Signal  $s$  entsprechenden Zustandsübergang zum Zeitpunkt  $t$  bezeichnet.
- 15 Der Viterbi-Decodierer muß nunmehr anhand des Trellis-Diagramms denjenigen Pfad ermitteln, der die beste Pfadmetrik aufweist. In der Regel ist dies definitionsgemäß der Pfad mit der kleinsten Pfadmetrik.
- 20 Jede Pfadmetrik eines zu einem bestimmten Zustand führenden Pfads setzt sich aus der Pfadmetrik eines zeitlich vorhergehenden Zustands und der Zweigmetrik des von diesem vorhergehenden Zustand zu dem bestimmten Zustand führenden Zweigs zusammen. Dies hat zur Folge, daß nicht alle möglichen
- 25 Pfade und Pfadmetriken des Trellis-Diagramms ermittelt und ausgewertet werden müssen. Statt dessen wird für jeden Zustand und für jeden Zeitschritt des Trellis-Diagramms jeweils derjenige Pfad ermittelt, der bis zu diesem Zeitpunkt die beste Pfadmetrik aufweist. Nur dieser als 'Survivor Path' bezeichnete Pfad und seine Pfadmetrik muß gespeichert werden.
- 30 Alle anderen zu diesem Zustand führenden Pfade können unberücksichtigt bleiben. Während jedes Zeitschritts gibt es demnach eine der Anzahl der unterschiedlichen Zustände entsprechende Anzahl an derartigen 'Survivor Paths'.
- 35 Die obige Beschreibung macht deutlich, daß die Berechnung der Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(s)}$  von den Pfadmetriken der mit dem Zustand  $s$

über einen Zweig verbundenen Pfadmetriken des vorhergehenden Zeitschritts  $t$  abhängt. Die Berechnung der Pfadmetriken kann demnach durch einen rekursiven Algorithmus realisiert werden, der in einem Viterbi-Decodierer von einer sogenannten 'Add-  
5 Compare-Select'-Einheit (ACS-Einheit) wahrgenommen wird.

In Fig. 5 ist der typische Aufbau eines Viterbi-Decodierers dargestellt. Neben der ACS-Einheit sind eine 'Branch Metric Unit' (BMU) und eine 'Survivor Memory Unit' vorgesehen. Die  
10 Aufgabe der 'Branch Metric Unit' ist die Berechnung der Zweigmetriken  $\lambda_t^{(s)}$ , die ein Maß für den Unterschied zwischen einem Empfangssymbol und demjenigen Symbol, welches in dem Trellis-Diagramm den entsprechenden Zustandsübergang hervorruft, sind. Die von der 'Branch Metric Unit'  
15 berechneten Zweigmetriken werden der ACS-Einheit zur Ermittlung der optimalen Pfade ('Survivor Paths') zugeführt, wobei die 'Survivor Memory Unit' diese 'Survivor Paths' speichert, so daß abschließend eine Decodierung anhand desjenigen 'Survivor Path' durchgeführt werden kann, der die  
20 beste Pfadmetrik aufweist. Die diesem Pfad zugeordnete Symbolsequenz entspricht mit der größten Wahrscheinlichkeit der tatsächlich gesendeten Sequenz.

Ein Prozessorelement 1 einer herkömmlichen ACS-Einheit kann  
25 beispielsweise wie in Fig. 6 gezeigt aufgebaut sein. Dabei wird davon ausgegangen, daß jeder Zustand des Trellis-Diagramms von einem separaten Prozessorelement 1 ausgewertet wird. Die Aufgabe des Prozessorelements 1 besteht darin, aus zwei miteinander konkurrierenden Pfaden, die zu einem Zustand  
30 des Trellis-Diagramms führen, den Pfad mit der besten, d.h. kleinsten Pfadmetrik auszuwählen. Anschließend werden die gespeicherten Werte für den zu diesem Zustand führenden 'Survivor Path' und dessen Pfadmetrik aktualisiert.

35 Wie aus dem in Fig. 4 gezeigten Trellis-Diagramm ersichtlich ist, ist jeder Zustand  $s$  zu dem Zeitpunkt  $t+1$  über einen oberen Zweig und einen unteren Zweig mit einem entsprechenden

## 5

vorhergehenden Zustand verbunden. Zur Ermittlung des diesem Zustand  $s$  entsprechenden 'Survivor Path' muß somit die Pfadmetrik des über den oberen Zweig zu dem Zustand  $s$  führenden Pfads mit der Pfadmetrik des über den unteren Zweig zu dem Zustand  $s$  führenden Pfads verglichen werden, d.h. die Aufgabe des in Fig. 6 gezeigten Prozessorelements 1 besteht darin, zur Bestimmung des 'Survivor Path' mit der Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(s)}$  entweder den über den vorhergehenden 'oberen' Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_t^{(u)}$  und den 'oberen' Zweig mit der Zweigmetrik  $\lambda_t^{(u)}$  führenden Pfad, dessen Pfadmetrik der Summe  $\gamma_t^{(u)} + \lambda_t^{(u)}$  entspricht, oder den über den 'unteren' Zustand mit der Pfadmetrik  $\gamma_t^{(l)}$  und den 'unteren' Zweig mit der Zweigmetrik  $\lambda_t^{(l)}$  führenden Pfad, dessen Pfadmetrik der Summe  $\gamma_t^{(l)} + \lambda_t^{(l)}$  entspricht, auszuwählen.

15

Die zuvor beschriebene Funktion des Prozessorelements kann demzufolge beispielsweise von der in Fig. 6 gezeigten Schaltung wahrgenommen werden, bei der mit Hilfe von Addierern 14 und 15 die möglichen Pfadmetriken berechnet und mittels eines Komparators 16 verglichen werden, so daß abhängig von dem Vergleichsergebnis  $\delta_s$  mit Hilfe eines Multiplexers 17 anschließend als Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(s)}$  die kleinere der von den beiden Addierer 14 oder 15 berechneten Summen ausgegeben wird.

25

In Fig. 7 ist der Gesamtaufbau und die Anbindung einer ACS-Einheit an die 'Branch Metric Unit' und die 'Survivor Memory Unit' für das in Fig. 4 beispielhaft gezeigte Trellis-Diagramm dargestellt. Da jedes für einen Zustand  $s$  im Zeitschritt  $t$  berechnete Ergebnis  $\gamma_t^{(s)}$  zugleich die Grundlage für die Berechnung einer Pfadmetrik für einen zeitlich nachfolgenden Zustand ist, ist die in Fig. 7 gezeigte Rückkopplung der Prozessorelemente 1 über ein Zwischenregister 18 erforderlich. Die von den einzelnen Prozessorelementen 1 der 'Survivor Path Unit' zugeführten Entscheidungs- oder Signalwerte  $\delta_0 \dots \delta_3$  ermöglichen die

35

Auswahl und das Speichern der korrekten 'Survivor Paths' und deren Pfadmetriken.

Die zuvor beschriebene ACS-Einheit ist der rechenintensivste  
5 Teil eines Viterbi-Decodierers. Sie weist den größten  
Flächen- und Energiebedarf auf. Bei Anwendungen in der  
Mobilfunktechnik steigt dabei die Komplexität der ACS-Einheit  
exponentiell mit der Komplexität des jeweils zur  
Kanalcodierung von Mobilfunksignalen verwendeten Codes.

10 Es besteht daher das grundlegende Bedürfnis, den  
Schaltungsaufwand für die ACS-Einheit möglichst gering zu  
halten. So wurde beispielsweise in der Druckschrift "Low  
Power ACS Unit Design For The Viterbi Decoder", Chi-ying  
15 Tsui, Roger S.K. Cheng, Curtis Ling, Conference IEEE ISCAS,  
1999, Orlando, in der eine ACS-Einheit nach dem Oberbegriff  
des Anspruches 1 beschrieben ist, vorgeschlagen, zur  
Bestimmung eines 'Survivor Path' eines Zustands die Differenz  
der Pfadmetriken derjenigen vorhergehenden Zustände, von  
20 denen jeweils ein Zweig zu dem betrachteten Zustand führt, zu  
bilden und mit der Differenz der entsprechenden Zweigmetriken  
zu vergleichen. Abhängig von dem Vergleichsergebnis kann  
unmittelbar auf den 'Survivor Path' und somit die zur  
Berechnung der entsprechenden Pfadmetrik zu bildende Summe  
25 geschlossen werden. Diese Vorgehensweise weist den Vorteil  
auf, daß die Differenzen bei Annahme der bereits erwähnten  
'Butterfly'-Struktur gemeinsam für die Berechnung der  
Pfadmetriken von zwei Zuständen eines Zeitschritts des  
Trellis-Diagramms durchgeführt werden können, wodurch der  
30 Schaltungsaufwand reduziert werden kann.

Allerdings ist auch bei dieser Vorgehensweise weiterhin die  
separate Bildung eines Vergleichs für die Ermittlung der  
Pfadmetriken der zu der jeweiligen 'Butterfly'-Struktur  
35 gehörenden 'oberen' und 'unteren' Zustände eines Zeitschritts  
erforderlich, wozu entsprechend zwei Komparatoren benötigt  
werden.



Der vorliegenden Erfindung liegt daher ausgehend von diesem Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, eine ACS-Einheit für einen Viterbi-Decodierer mit geringerem Schaltungsaufwand und  
5 Flächenbedarf bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine ACS-Einheit mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche definieren vorteilhafte und bevorzugte Ausführungsformen der  
10 vorliegenden Erfindung.

Erfindungsgemäß werden unter Annahme der zuvor beschriebenen 'Butterfly'-Struktur des Trellis-Diagramms die Pfadmetriken von zwei Zuständen eines Zeitschrittes des Trellis-Diagrammes  
15 in Abhängigkeit von einem Vergleich zwischen der Differenz der Pfadmetriken der mit diesen Zuständen über die 'Butterfly'-Struktur verbundenen Zuständen des unmittelbar vorhergehenden Zeitschrittes des Trellis-Diagrammes und der Differenz der entsprechenden Zweigmetriken unter zusätzlicher  
20 Auswertung der Vorzeichen der Pfadmetrikdifferenz und der Zweigmetrikdifferenz berechnet.

Diese Vorgehensweise hat eine deutliche Reduzierung des schaltungstechnischen Aufwandes der ACS-Einheit zur Folge.  
25 Untersuchungen haben ergeben, daß der Berechnungsaufwand mit Hilfe der vorliegenden Erfindung für alle heutzutage in der digitalen Kommunikationstechnik (Mobilfunktechnik (z.B. gemäß dem GSM- oder UMTS-Mobilfunkstandard), Satellitenkommunikation, allgemein drahtlose Kommunikation)  
30 verwendeten Codes um ca. 33% reduziert werden kann. Gegenüber dem bekannten Stand der Technik ist somit zudem eine entsprechende Energieeinsparnis möglich. Insbesondere ist im Vergleich zu der in der Druckschrift "Low Power ACS Unit Design For The Viterbi Decoder", Chi-ying Tsui, Roger S.K. Cheng, Curtis Ling, Conference IEEE ISCAS, 1999, Orlando,  
35 vorgeschlagenen ACS-Einheit kein separater Komparator für die Ermittlung der Pfadmetriken des 'oberen' und 'unteren'

Zustands der 'Butterfly'-Struktur erforderlich. Der in der erfindungsgemäßen ACS-Einheit zu bildende Vergleich zwischen der oben beschriebenen Pfadmetrikdifferenz und der Zweigmetrikdifferenz kann mit einer geringen Bitbreite  
5 durchgeführt werden, was ebenfalls zu einem Einsparnis an benötigter Schaltungsfläche und Energie beiträgt.

Die erfindungsgemäße ACS-Einheit läßt sich mit einfachen Mitteln sowohl in Form einer kombinatorischen Schaltung als  
10 auch in Form einer sequentiellen Schaltung realisieren. Eine Reduzierung des erforderlichen Flächenbedarfs der ACS-Einheit ergibt sich insbesondere aus der Tatsache, daß mit Hilfe der vorliegenden Erfindung gleichzeitig zwei Trellis-Zustände verarbeitet werden. Sämtliche Zustände eines Zeitschrittes  
15 des jeweils verwendeten Trellis-Diagrammes können entweder vollständig parallel (falls die Anzahl der Prozessorelemente der ACS-Einheit mindestens der Hälfte der Zustände eines Zeitschrittes entsprechen) oder zeitlich gemultiplext (bei einer geringeren Anzahl der Prozessorelemente) verarbeitet  
20 werden können.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann zusätzlich ein Vorkomparator vorgesehen sein, der bestimmte Bits der Pfadmetrikdifferenz und  
25 Zweigmetrikdifferenz miteinander vergleicht, wobei das Vergleichsergebnis zusätzlich ausgewertet wird, um gegebenenfalls bereits frühzeitig die für die Berechnung der Pfadmetriken zu addierenden Komponenten bestimmen zu können, ohne daß hierzu der eigentliche Komparator aktiviert werden  
30 muß. Bei Anwendung der Zweierkomplementdarstellung kann somit beispielsweise durch Vergleich der höherwertigeren Bits das Verhältnis der Vorzeichen der Pfadmetrikdifferenz und Zweigmetrikdifferenz bestimmt werden.

35 Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild eines Prozessorelements einer ACS-Einheit gemäß der vorliegenden Erfindung,

5 Fig. 2 zeigt eine Darstellung zur Erläuterung der 'Butterfly'-Struktur eines Trellis-Diagrammes,

Fig. 3 zeigt eine Darstellung zur Erläuterung des der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Prinzips bei der  
10 Berechnung von Pfadmetriken,

Fig. 4 zeigt ein beispielhaftes Trellis-Diagramm mit vier Zuständen,

15 Fig. 5 zeigt allgemein den Aufbau eines Viterbi-Decodierers,

Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild eines Prozessorelements einer bekannten ACS-Einheit, und

20 Fig. 7 zeigt den Aufbau einer bekannten ACS-Einheit mit mehreren der in Fig. 6 gezeigten Prozessorelemente sowie die Verschaltung dieser ACS-Einheit in einem Viterbi-Decodierer.

Zur Erläuterung der Erfindung soll nachfolgend nochmals kurz  
25 auf die bereits erläuterte 'Butterfly'-Struktur eingegangen werden, welche eine Voraussetzung für die vorliegende Erfindung darstellt.

Wie auch aus dem in Fig. 4 gezeigten beispielhaften Trellis-  
30 Diagramm ersichtlich ist, weist das Trellis-Diagramm eine gewisse Regelmäßigkeit in seiner Struktur auf. Diese Struktur besteht aus sogenannten 'Butterflies', wobei ein derartiger 'Butterfly' in Fig. 2 gezeigt ist. Gemäß der 'Butterfly'-Struktur sind zwei Zustände 19 und 20 eines Zeitschritts  $t$   
35 mit zwei Zuständen 21 und 22 des darauffolgenden Zeitschritts  $t+1$  derart verbunden, daß von jedem dieser Zustände 19 und 20 jeweils ein Zweig zu dem Zustand 21 und ein Zweig zu dem

10

Zustand 22 führt, wobei die Zweigmetrik  $\lambda_t^{(u)}$  des von dem Zustand 19 zu dem Zustand 21 führenden Zweigs der Zweigmetrik des von dem Zustand 20 zu dem Zustand 22 führenden Zweigs und die Zweigmetrik  $\lambda_t^{(1)}$  des von dem Zustand 19 zu dem Zustand 22 führenden Zweigs der Zweigmetrik des von dem Zustand 20 zu dem Zustand 21 führenden Zweigs entspricht. In Fig. 2 sind zudem die den einzelnen Zuständen entsprechenden Pfadmetriken  $\gamma_t^{(u)}$ ,  $\gamma_t^{(1)}$ ,  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  bzw.  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  dargestellt.

10 Diese Regelmäßigkeit der 'Butterfly'-Struktur wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ausgenutzt, um die Anzahl der zur Bestimmung der 'oberen' Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  und der 'unteren' Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  erforderlichen arithmetischen Operationen zu reduzieren.

15

Zur Bestimmung der Pfadmetriken  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  und  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  muß jeweils die günstigste Pfadmetrik der theoretisch möglichen Pfadmetriken ermittelt werden. Jede Pfadmetrik eines Zustands setzt sich aus der Pfadmetrik eines Zustands des vorhergehenden Zeitschrittes und der Zweigmetrik des Verbindungszweigs dieser beiden Zustände zusammen. Somit muß zur Bestimmung der Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  die kleinere der theoretisch möglichen Pfadmetriken  $\gamma_t^{(u)} + \lambda_t^{(u)}$  und  $\gamma_t^{(1)} + \lambda_t^{(1)}$  und zur Bestimmung der Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  die kleinere der theoretisch möglichen Pfadmetriken  $\gamma_t^{(u)} + \lambda_t^{(1)}$  und  $\gamma_t^{(1)} + \lambda_t^{(u)}$  ermittelt werden. Es sind somit folgende Vergleichsoperationen erforderlich:

$\gamma_t^{(u)} + \lambda_t^{(u)} \triangleright \triangleleft \gamma_t^{(1)} + \lambda_t^{(1)}$  für den 'oberen' Zustand  
 30  $\gamma_t^{(u)} + \lambda_t^{(1)} \triangleright \triangleleft \gamma_t^{(1)} + \lambda_t^{(u)}$  für den 'unteren' Zustand

Jede Vergleichsoperation ist dabei durch den Operator ' $\triangleright \triangleleft$ ' repräsentiert.

35 Die für den 'oberen' Zustand 21 und den 'unteren' Zustand 22 der 'Butterfly'-Struktur durchzuführenden Vergleichsoperationen weisen eine gewisse Ähnlichkeit auf.

Durch Subtraktion können die Zweigmetriken und Pfadmetriken voneinander getrennt werden, so daß sich für den 'oberen' und 'unteren' Zustand jeweils ein Vergleich zwischen einer Pfadmetrikdifferenz und einer Zweigmetrikdifferenz ergibt:

5

$$\lambda_t^{(u)} - \lambda_t^{(1)} \triangleright \triangleleft \gamma_t^{(1)} - \gamma_t^{(u)} \text{ für den 'oberen' Zustand}$$

$$\lambda_t^{(1)} - \lambda_t^{(u)} \triangleright \triangleleft \gamma_t^{(1)} - \gamma_t^{(u)} \text{ für den 'unteren' Zustand}$$

Werden für diese Differenzen eine Pfadmetrikdifferenz

- 10  $\Gamma_t = \gamma_t^{(1)} - \gamma_t^{(u)}$  und eine Zweigmetrikdifferenz  $\Lambda_t = \lambda_t^{(1)} - \lambda_t^{(u)}$  definiert, so ergibt sich für die durchzuführenden Vergleichsoperationen:

$$\Lambda_t \triangleright \triangleleft \Gamma_t \text{ für den 'oberen' Zustand}$$

- 15  $-\Lambda_t \triangleright \triangleleft \Gamma_t \text{ für den 'unteren' Zustand}$

Die beiden Vergleiche können durch den Absolut- oder Betragsvergleich  $|\Lambda_t| \triangleright \triangleleft |\Gamma_t|$  gelöst werden. Das Ergebnis dieses Vergleichs legt die Beziehung zwischen  $|\Lambda_t|$  und  $|\Gamma_t|$  fest. Da

- 20 die Metriken  $\lambda_t^{(u)}$ ,  $\lambda_t^{(1)}$ ,  $\gamma_t^{(1)}$  und  $\gamma_t^{(u)}$  per Definition positiv sind, wurden keine der oben angegebenen Ungleichungen durch die zuvor vorgenommenen mathematischen Modifikationen verändert. Die zur Ermittlung der Pfadmetriken  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  und  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  ursprünglich aufgestellten Ungleichungen für den 'oberen'
- 25 Zustand 21 und den 'unteren' Zustand 22 können somit durch Auswertung der Vorzeichen von  $\Lambda_t$  und  $\Gamma_t$  gelöst werden, wobei zu berücksichtigen ist, daß  $|\Lambda_t|$  für die Ungleichung des 'unteren' Zustands 22 mit einem negativen Vorzeichen versehen sein muß.

30

Das Ergebnis dieser Überlegungen ist, daß zur Bestimmung der Pfadmetriken  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  und  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  lediglich ein einziger Absolutvergleich durchgeführt werden muß, wobei die endgültige Entscheidung dann abhängig von diesem

- 35 Vergleichsergebnis durch Auswertung der Vorzeichen von  $\Lambda_t$  und  $\Gamma_t$  getroffen wird. Wie nachfolgend noch näher erläutert wird,

ist dies mit relativ einfachen schaltungstechnischen Mitteln möglich.

- In Fig. 1 ist ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels für ein Prozessorelement 1 der ACS-Einheit eines Viterbi-Decodierers dargestellt. Das Prozessorelement 1 dient zur Berechnung der Pfadmetriken  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  und  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  von zwei Zuständen eines Zeitschrittes  $t+1$  eines Trellis-Diagrammes und empfängt als Eingangssignale die Pfadmetriken  $\gamma_t^{(1)}$  und  $\gamma_t^{(u)}$  derjenigen beiden Zustände des vorhergehenden Zeitschrittes  $t$  des Trellis-Diagrammes, die mit den beiden zu berechnenden Zuständen die in Fig. 2 gezeigte 'Butterfly'-Struktur bilden. Des weiteren empfängt das Prozessorelement 1 als Eingangssignale die Zweigmetriken  $\lambda_t^{(u)}$  und  $\lambda_t^{(1)}$  der entsprechenden Verbindungszweige dieser 'Butterfly'-Struktur. Die Pfadmetriken  $\gamma_t^{(1)}$ ,  $\gamma_t^{(u)}$  und die Zweigmetriken  $\lambda_t^{(u)}$ ,  $\lambda_t^{(1)}$  sind jeweils Multiplexern 8 und 9 bzw. 10 und 11 zugeführt, die abhängig von einem Steuersignal  $C^u$  bzw.  $C^1$  einen ihrer beiden Eingangswerte einem Addierer 12 bzw. 13 zuführen, der schließlich als Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  bzw.  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  die kleinere der jeweils beiden möglichen Summen ausgibt. Die Entscheidungs- oder Steuersignale  $C^u$  bzw.  $C^1$  werden zudem (invertiert) der 'Survivor Memory Unit' zugeführt.
- Die Steuersignale  $C^u$  und  $C^1$  werden von einer Auswertungseinheit 6 erzeugt. Zur Ansteuerung der Auswertungseinheit 6 sind ein Subtrahierer 2 und ein Komparator 4 vorgesehen, wobei der Subtrahierer 2 die Differenz zwischen den beiden Pfadmetriken  $\gamma_t^{(1)}$  und  $\gamma_t^{(u)}$  berechnet, während der Komparator 4 die daraus resultierende Pfadmetrikdifferenz  $\Gamma$  mit einer extern zugeführten Zweigmetrikdifferenz  $\Lambda$  vergleicht und das Vergleichsergebnis der Auswertungseinheit 6 zuführt.
- Die Zweigmetrikdifferenz  $\Lambda = \lambda_t^{(u)} - \lambda_t^{(1)}$  wird in der 'Branch Metric Unit' (BMU) berechnet und der ACS-Einheit bzw. dem Prozessorelement 1 in zwei unterschiedlichen Versionen,

nämlich einmal als normale Zweigmetrikdifferenz  $\Lambda^+$  und einmal als negierte Zeigmetrikdifferenz  $\Lambda^-$  zugeführt. Die Auswahl, welche der beiden Zweigmetrikversionen für den Vergleich mit der Pfadmetrikdifferenz  $\Gamma$  verwendet werden  
5 soll, erfolgt durch einen Multiplexer 3, der abhängig von dem Vorzeichenbit  $sg(\Gamma)$  der Pfadmetrikdifferenz angesteuert wird. Bei einer Zweierkomplement-Darstellung entspricht das Vorzeichenbit dem MSB (Most Significant Bit). Die Unterscheidung zwischen den beiden Zweigmetrikversionen ist,  
10 wie nachfolgend noch näher erläutert wird, erforderlich, um immer vorzeichengleiche Werte miteinander vergleichen und somit ein korrektes Vergleichsergebnis berechnen zu können.

Wie bereits erwähnt worden ist, ermittelt der Komparator 4  
15 das Ergebnis des Absolutvergleichs  $C = |\Gamma| > |\Lambda|$ . Da sowohl  $\Gamma$ , als auch  $\Lambda$ , positiv oder negativ sein kann, gibt es vier mögliche Wertekombinationen, die eine Inversion des ermittelten Vergleichswerts  $C$  erforderlich machen könnten, um die zuvor beschriebenen Ungleichungen für den 'oberen' und  
20 'unteren' Zustand tatsächlich korrekt nachbilden und über die Multiplexer 8, 9 bzw. 10, 11 die korrekten Werte für die Pfadmetrikberechnung auswählen zu können.

Die entsprechende Logik ist in Fig. 3 dargestellt, wobei  
25 jeweils für den 'oberen' Zustand und den 'unteren' Zustand die möglichen Kombinationen der Vorzeichen von  $\Gamma$  und  $\Lambda$  sowie die jeweils daraus folgenden Werte für  $C^u$  bzw.  $C^l$  in Abhängigkeit von dem Absolutvergleichsergebnis  $C$  dargestellt sind. Ein nachgestelltes Minuszeichen entspricht dabei einem  
30 negativen Vorzeichen, während ein nachgestelltes Pluszeichen einem positiven Vorzeichen entspricht, so daß beispielsweise  $\Gamma^-$  einen negativen Pfaddifferenzwert und  $\Gamma^+$  einen positiven Pfaddifferenzwert darstellt.

35 Aus Fig. 3 ist insbesondere ersichtlich, daß sowohl für den 'oberen' Zustand als auch für den 'unteren' Zustand für zwei mögliche Vorzeichenkombinationen alleine durch Auswertung der

- Vorzeichen von  $\Gamma$  und  $\Lambda$  eine Ermittlung der Werte für  $C^u$  und  $C^l$  möglich ist, ohne tatsächlich den Absolutvergleich durchführen und somit den Wert  $C$  berechnen zu müssen. In diesen Fällen steht somit das 'Vergleichsergebnis', d.h. die
- 5 Steuersignale  $C^u$  und  $C^l$ , deutlich früher zur Verfügung, da kein Vergleich durchgeführt werden muß, was eine deutliche Reduzierung der Glitch-Wahrscheinlichkeit an den Auswahlmultiplexern 8, 9 und 10, 11 zur Folge hat.
- 10 In allen anderen Fällen der Vorzeichen von  $\Gamma$  und  $\Lambda$  werden die Werte für  $C^u$  und  $C^l$  analog zu der in Fig. 3 gezeigten Logik in Abhängigkeit von dem Wert  $C$  des Absolutvergleichsergebnisses berechnet.
- 15 Die Ermittlung der Werte für  $C^u$  und  $C^l$  in Abhängigkeit von den Vorzeichen  $sg(\Gamma)$  und  $sg(\Lambda)$  sowie dem Wert des Absolutvergleiches  $C = |\Gamma| > |\Lambda|$  erfolgt gemäß Fig. 1 in der Auswertungseinheit 6. Wie zuvor anhand Fig. 3 beschrieben worden ist, muß die Auswertungseinheit hierzu lediglich die
- 20 Vorzeichen  $sg(\Gamma)$  und  $sg(\Lambda)$  auswerten und davon abhängig den Werten  $C^u$  und  $C^l$  entweder den festen binären Wert '1', den festen binären Wert '0', den unveränderten Wert  $C$  des Vergleichsergebnisses oder den negierten Wert  $\bar{C}$  des Vergleichsergebnisses zuweisen. Der Multiplexer 3
- 25 gewährleistet dabei, daß zur Realisierung des Absolutvergleichs  $|\Gamma| > |\Lambda|$  stets die korrekten Werte  $\pm\Gamma_t > \pm\Lambda_t$  miteinander verglichen werden.
- Die Verwendung der in Fig. 3 gezeigten Logik ermöglicht, daß
- 30 lediglich ein Absolutvergleich  $C = |\Gamma_t| > |\Lambda_t|$  ausgewertet werden muß, um davon abhängig sowohl die 'obere' Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  als auch die 'untere' Pfadmetrik  $\gamma_{t+1}^{(l)}$  berechnen zu können. Wird davon ausgegangen, daß die Komplexität eines Komparators im wesentlichen derjenigen eines Addierers oder
- 35 Subtrahierers entspricht, ist durch einen Vergleich der in Fig. 1 und Fig. 6 gezeigten Prozessorelemente 1 leicht ersichtlich, daß mit Hilfe der vorliegenden Erfindung ca. 33%



der in Fig. 6 gezeigten Prozessortopologie eingespart werden kann (vier Addier-, Subtrahier- oder Komparatoreinheiten in Fig. 1 gegenüber sechs Addier- oder Komparatoreinheiten in Fig. 6). Darüber hinaus ist zu beachten, daß mit Hilfe des  
5 erfindungsgemäßen Prozessorelementes 1 gleichzeitig die Pfadmetriken  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  und  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  für die beiden Zustände eines 'Butterfly' des Zeitschrittes  $t+1$  berechnet werden, während das in Fig. 1 gezeigte Prozessorelement lediglich zur Berechnung der Pfadmetrik eines Zustandes vorgesehen ist.

10

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Prozessorelement 1 ist als vorteilhafte Weiterbildung ein Vorkomparator 5 vorgesehen, der derart ausgestaltet ist, daß er einen Vorvergleich der Pfadmetrikdifferenz  $\Gamma$  mit der Zweigmetrikdifferenz  $\Lambda$   
15 durchführt. Allgemein kann der Vorkomparator 5 derart ausgestaltet sein, daß er die höherwertigeren Bits der Pfadmetrikdifferenz und der Zweigmetrikdifferenz miteinander vergleicht, um somit möglicherweise unterschiedliche Bitbreiten festzustellen. So kann beispielsweise der  
20 Vorkomparator 5 derart ausgestaltet sein, daß er lediglich das höchstwertige Bit (MSB) der Pfadmetrikdifferenz und der Zweigmetrikdifferenz vergleicht, da bei der Zweierkomplement-Darstellung auf diese Weise bereits im voraus beispielsweise die Fälle  $\Gamma+\Lambda-$  und  $\Gamma-\Lambda+$  (vgl. Fig. 3) festgestellt werden  
25 können. Das Vergleichsergebnis wird der Auswertungseinheit 6 als ein weiteres Eingangssignal zugeführt.

Auch erfindungsgemäß weist die ACS-Einheit in Abhängigkeit von der Anzahl der unterschiedlichen Zustände des jeweils  
30 verwendeten Trellis-Diagrammes mehrere der in Fig. 1 gezeigten Prozessorelemente 1 auf, deren Ausgänge analog zu Fig. 7 über Register 18 zum Zwischenspeichern der ermittelten Pfadmetrikwerte rückgekoppelt sind. Wegen dieser Rückkopplung addieren sich die Pfadmetrikwerte allmählich auf, so daß  
35 gemäß Fig. 1 in den den Pfadmetriken  $\gamma_t^{(u)}$  und  $\gamma_t^{(1)}$  zugeordneten eingangsseitigen Schaltungspfaden, welche zu dem Komparator 2 sowie den Multiplexern 9 und 11 führen,

16

vorzugsweise eine (nicht gezeigte) Renormalisierungseinheit zwischengeschaltet sein kann, die einen Überlauf vermeidet und die rückgekoppelten Pfadmetrikwerte renormalisiert.

- 5 Für jeden Zustand eines Zeitschrittes des Trellis-Diagrammes wird die auf oben beschriebene Art und Weise ermittelte jeweils günstigste, d.h. minimale, Pfadmetrik zusammen mit dem entsprechenden Pfad in der 'Survivor Memory Unit' zwischengespeichert. Der wesentliche Unterschied zwischen der
- 10 Verwendung der in Fig. 1 gezeigten Prozessorelemente 1 in einer ACS-Einheit zu der Darstellung von Fig. 7 besteht lediglich darin, daß die in Fig. 1 gezeigten erfindungsgemäßen Prozessorelemente 1 zur Berechnung zweier Pfadmetriken  $\gamma_{t+1}^{(u)}$  und  $\gamma_{t+1}^{(1)}$  vorgesehen sind.

15

## Patentansprüche

1. ACS-Einheit für einen Viterbi-Decodierer,  
wobei die ACS-Einheit zur Bestimmung von Pfadmetriken eines  
5 dem Viterbi-Decodierer zugewiesenen Trellis-Diagramms  
vorgesehen ist,  
wobei jeweils einem ersten und einem zweiten Zustand (21, 22)  
eines Zeitschritts (t+1) des Trellis-Diagramms ein damit über  
jeweils einen Zweig des Trellis-Diagramms verbundener dritter  
10 und vierter Zustand (20, 19) des vorhergehenden Zeitschritts  
(t) zugewiesen ist, wobei in dem Trellis-Diagramm eine erste  
Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(u)}$ ) für den den ersten Zustand (21) mit dem  
vierten Zustand (19) verbindenden Zweig und den den zweiten  
Zustand (22) mit dem dritten Zustand (20) verbindenden Zweig  
15 gleich groß ist und eine zweite Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(1)}$ ) für den  
den ersten Zustand (21) mit dem dritten Zustand (20) bzw. den  
zweiten Zustand (22) mit dem vierten Zustand (19)  
verbindenden Zweig gleich groß ist, und  
wobei die ACS-Einheit ein Prozessorelement (1) zur Bestimmung  
20 der dem ersten und zweiten Zustand (21, 22) zugeordneten  
Pfadmetriken ( $\gamma_{t+1}^{(u)}, \gamma_{t+1}^{(1)}$ ) aufweist, welches als Eingangswerte  
die erste und zweite Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(u)}, \lambda_t^{(1)}$ ) sowie dem dritten  
bzw. vierten Zustand (20, 19) zugeordnete Pfadmetriken  
( $\gamma_t^{(u)}, \gamma_t^{(1)}$ ) empfängt und umfaßt:  
25 - eine Differenziereinrichtung (2) zum Berechnen einer  
Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) zwischen den dem dritten und vierten  
Zustand (19, 20) zugeordneten Pfadmetriken ( $\gamma_t^{(u)}, \gamma_t^{(1)}$ ), und  
- eine Auswertungseinrichtung (3-6) zum Vergleichen der  
Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) mit einer Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ )  
30 zwischen der ersten und zweiten Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(u)}, \lambda_t^{(1)}$ ) und  
zum Bestimmen der dem ersten und zweiten Zustand (21, 22)  
zugeordneten Pfadmetriken ( $\gamma_{t+1}^{(u)}, \gamma_{t+1}^{(1)}$ ) in Abhängigkeit von  
dem Vergleichsergebnis (C),  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
35 daß die Auswertungseinrichtung (3-6) derart ausgestaltet ist,  
daß sie die dem ersten und zweiten Zustand (21, 22)  
zugeordneten Pfadmetriken ( $\gamma_{t+1}^{(u)}, \gamma_{t+1}^{(1)}$ ) in Abhängigkeit von

dem Vergleichsergebnis (C) unter zusätzlicher Auswertung der Vorzeichen der Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und der Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) bestimmt.

- 5 2. ACS-Einheit nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) derart ausgestaltet ist,  
daß sie in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis sowie den  
Vorzeichen der Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und der  
10 Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) ein erstes Steuersignal ( $C^u$ ) für  
eine dem ersten Zustand (21) zugeordnete erste  
Auswahleinrichtung (8,9,12) und ein zweites Steuersignal ( $C^l$ )  
für eine dem zweiten Zustand (22) zugeordnete zweite  
Auswahleinrichtung (10,11,13) erzeugt, und  
15 daß die erste Auswahleinrichtung (8,9,12) derart ausgestaltet  
ist, daß sie in Abhängigkeit von dem ersten Steuersignal ( $C^u$ )  
als Pfadmetrik ( $\gamma_{t+1}^{(u)}$ ) des ersten Zustands (21) entweder die  
Summe aus der Pfadmetrik ( $\gamma_t^{(u)}$ ) des vierten Zustands (19) und  
der ersten Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(u)}$ ) oder die Summe aus der  
20 Pfadmetrik ( $\gamma_t^{(l)}$ ) des dritten Zustands (20) und der zweiten  
Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(l)}$ ) ausgibt, und  
daß die zweite Auswahleinrichtung (10,11,13) derart  
ausgestaltet ist, daß sie in Abhängigkeit von dem zweiten  
Steuersignal ( $C^l$ ) als Pfadmetrik ( $\gamma_{t+1}^{(l)}$ ) des zweiten Zustands  
25 (22) entweder die Summe aus der Pfadmetrik ( $\gamma_t^{(u)}$ ) des vierten  
Zustands (19) und der zweiten Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(l)}$ ) oder die  
Summe aus der Pfadmetrik ( $\gamma_t^{(l)}$ ) des dritten Zustands (20) und  
der ersten Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(u)}$ ) ausgibt.
- 30 3. ACS-Einheit nach Anspruch 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die erste bzw. zweite Auswahleinrichtung einen von dem  
ersten bzw. zweiten Steuersignal ( $C^u, C^l$ ) angesteuerten ersten  
und zweiten Multiplexer (8,9;10,11) umfaßt, wobei der erste  
35 Multiplexer als Eingangssignale die erste und zweite  
Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(u)}, \lambda_t^{(l)}$ ) und der zweite Multiplexer als  
Eingangssignale die dem dritten und vierten Zustand (20,19)

zugeordneten Pfadmetriken ( $\gamma_t^{(u)}$ ,  $\gamma_t^{(1)}$ ) empfängt, und wobei die Ausgangssignale des ersten und zweiten Multiplexers einem Addierer (12;13) zugeführt sind.

- 5 4. ACS-Einheit nach Anspruch 2 oder 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) derart ausgestaltet ist,  
daß sie dem ersten Steuersignal ( $C^u$ ) einen festen binären  
Wert zuweist, ohne den Vergleich zwischen der  
10 Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und der Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) zu  
bilden, falls die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und die  
Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) unterschiedliche Vorzeichen  
aufweisen, und  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) derart ausgestaltet ist,  
15 daß sie dem zweiten Steuersignal ( $C^1$ ) einen festen binären  
Wert zuweist, ohne den Vergleich zwischen der  
Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und der Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) zu  
bilden, falls die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und die  
Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) identische Vorzeichen aufweisen.  
20
5. ACS-Einheit nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) dem ersten Steuersignal  
( $C^u$ ) einen ersten binären Wert zuweist, durch den von der  
25 ersten Auswahleinrichtung (8,9,12) als Pfadmetrik ( $\gamma_{t+1}^{(u)}$ ) des  
ersten Zustands (21) die Summe aus der Pfadmetrik ( $\gamma_t^{(u)}$ ) des  
vierten Zustands (19) und der ersten Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(u)}$ )  
ausgegeben wird, falls die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) ein  
positives Vorzeichen und die Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) ein  
30 negatives Vorzeichen aufweist, und  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) dem ersten Steuersignal  
( $C^u$ ) einen dem invertierten ersten binären Wert  
entsprechenden zweiten binären Wert zuweist, durch den von  
der ersten Auswahleinrichtung (8,9,12) als Pfadmetrik ( $\gamma_{t+1}^{(u)}$ )  
35 des ersten Zustands (21) die Summe aus der Pfadmetrik ( $\gamma_t^{(1)}$ )  
des dritten Zustands (20) und der zweiten Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(1)}$ )  
ausgegeben wird, falls die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) ein

negatives Vorzeichen und die Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) ein positives Vorzeichen aufweist.

6. ACS-Einheit nach Anspruch 4 oder 5,  
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) dem zweiten Steuersignal ( $C^1$ ) einen ersten binären Wert zuweist, durch den von der zweiten Auswahleinrichtung (10,11,13) als Pfadmetrik ( $\gamma_{t+1}^{(1)}$ ) des zweiten Zustands (22) die Summe aus der Pfadmetrik ( $\gamma_t^{(u)}$ )  
10 des vierten Zustands (19) und der zweiten Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(1)}$ ) ausgegeben wird, falls die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und die Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) jeweils ein positives Vorzeichen aufweisen, und  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) dem zweiten Steuersignal  
15 ( $C^u$ ) einen dem invertierten ersten binären Wert entsprechenden zweiten binären Wert zuweist, durch den von der zweiten Auswahleinrichtung (10,11,13) als Pfadmetrik ( $\gamma_{t+1}^{(1)}$ ) des zweiten Zustands (22) die Summe aus der Pfadmetrik ( $\gamma_t^{(1)}$ ) des dritten Zustands (20) und der ersten  
20 Zweigmetrik ( $\lambda_t^{(u)}$ ) ausgegeben wird, falls die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und die Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) jeweils ein negatives Vorzeichen aufweisen.

7. ACS-Einheit nach einem der Ansprüche 2-6,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) derart ausgestaltet ist, daß sie den binären Wert ( $C$ ) des Vergleichsergebnisses dem ersten Steuersignal ( $C^u$ ) zuweist, falls die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und die Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ )  
30 jeweils ein positives Vorzeichen aufweisen, während die Auswertungseinrichtung (3-6) den invertierten binären Wert des Vergleichsergebnisses dem ersten Steuersignal ( $C^u$ ) zuweist, falls die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und die Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) jeweils ein negatives Vorzeichen  
35 aufweisen.

8. ACS-Einheit nach einem der Ansprüche 2-7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) derart ausgestaltet ist,  
daß sie den binären Wert (C) des Vergleichsergebnisses dem  
zweiten Steuersignal ( $C^1$ ) zuweist, falls die  
5 Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) ein positives Vorzeichen und die  
Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) ein negatives Vorzeichen aufweist,  
während die Auswertungseinrichtung (3-6) den invertierten  
binären Wert des Vergleichsergebnisses dem zweiten  
Steuersignal ( $C^1$ ) zuweist, falls die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ )  
10 ein negatives Vorzeichen und die Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ )  
ein positives Vorzeichen aufweist.

9. ACS-Einheit nach einem der Ansprüche 2-8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
15 daß die Auswertungseinrichtung (3-6) umfaßt:  
- einen Multiplexer (3), der als Eingangssignale die  
Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda^+$ ) und den negierten Wert der  
Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda^-$ ) empfängt und von einem das  
Vorzeichen der von der Differenziereinrichtung (2) gebildeten  
20 Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) anzeigenden Bit ( $sg(\Gamma)$ ) angesteuert  
wird,  
- einen Komparator (4), der die Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und  
das Ausgangssignal des Multiplexers (3) empfängt, und  
- eine Auswertungslogik (6), welche als Eingangssignale das  
25 Ausgangssignal des Komparators (4), ein das Vorzeichen der  
Zweigmetrikdifferenz anzeigendes Bit ( $sg(\Lambda)$ ) und das das  
Vorzeichen der Pfadmetrikdifferenz anzeigende Bit ( $sg(\Gamma)$ )  
empfängt und davon abhängig das erste und zweite Steuersignal  
( $C^0, C^1$ ) ausgibt.

30

10. ACS-Einheit nach Anspruch 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß die Auswertungseinrichtung (3-6) einen Vorkomparator (5)  
umfaßt, welcher einen Vorvergleich bestimmter Bits der  
35 Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und der Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ )  
durchführt und ein entsprechendes Vergleichsergebnis der

Auswertungslogik (6) als ein weiteres Eingangssignal zuführt,  
und  
daß die Auswertungslogik (6) bei der Erzeugung des ersten und  
zweiten Steuersignals ( $C^u$ ,  $C^l$ ) das von dem Vorkomparator (5)  
5 gelieferte Vergleichsergebnis berücksichtigt.

11. ACS-Einheit nach Anspruch 10,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
daß der Vorkomperator (5) einen Vorvergleich der  
10 höherwertigeren Bits der Pfadmetrikdifferenz ( $\Gamma$ ) und der  
Zweigmetrikdifferenz ( $\Lambda$ ) durchführt.





FIG 3

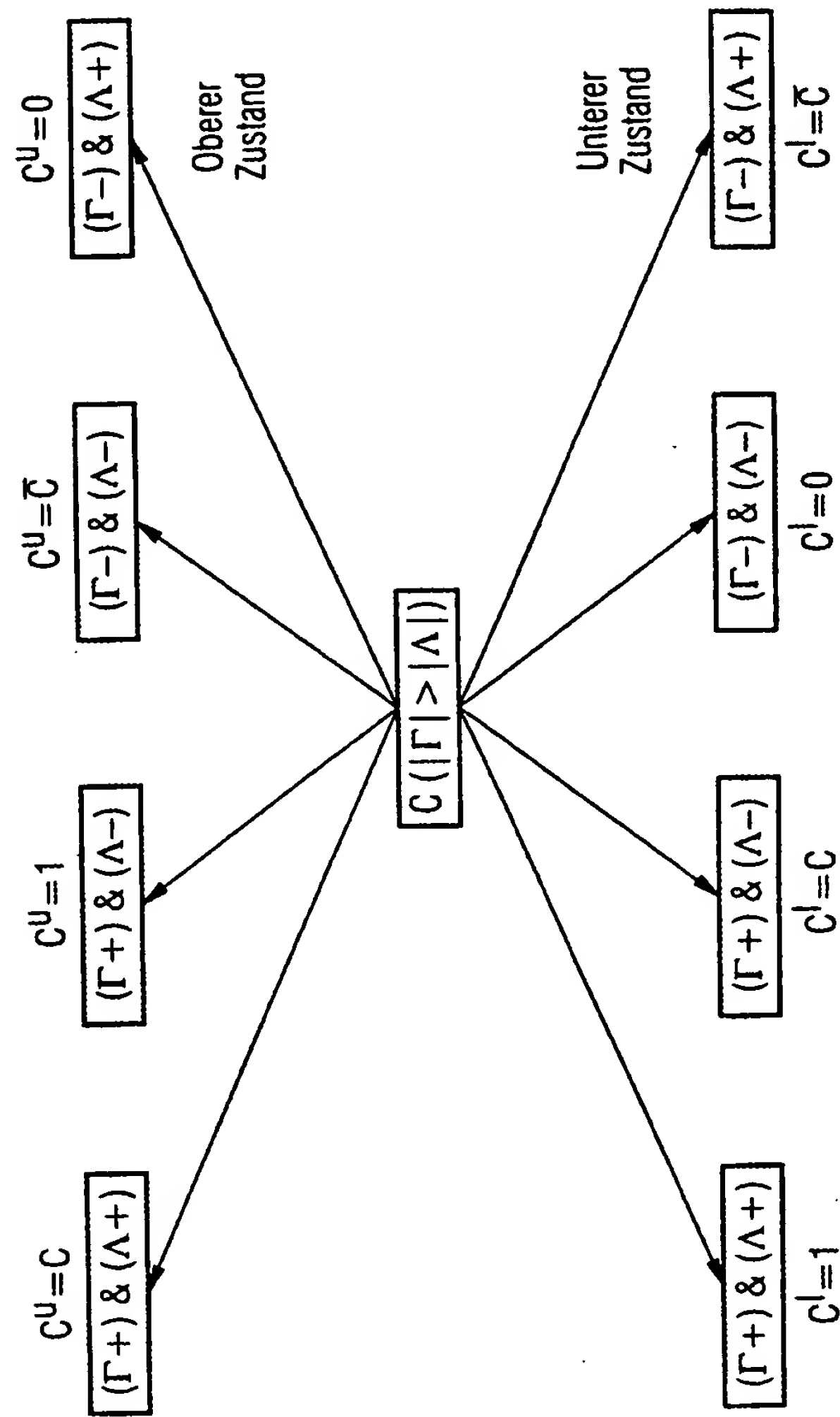


FIG 4

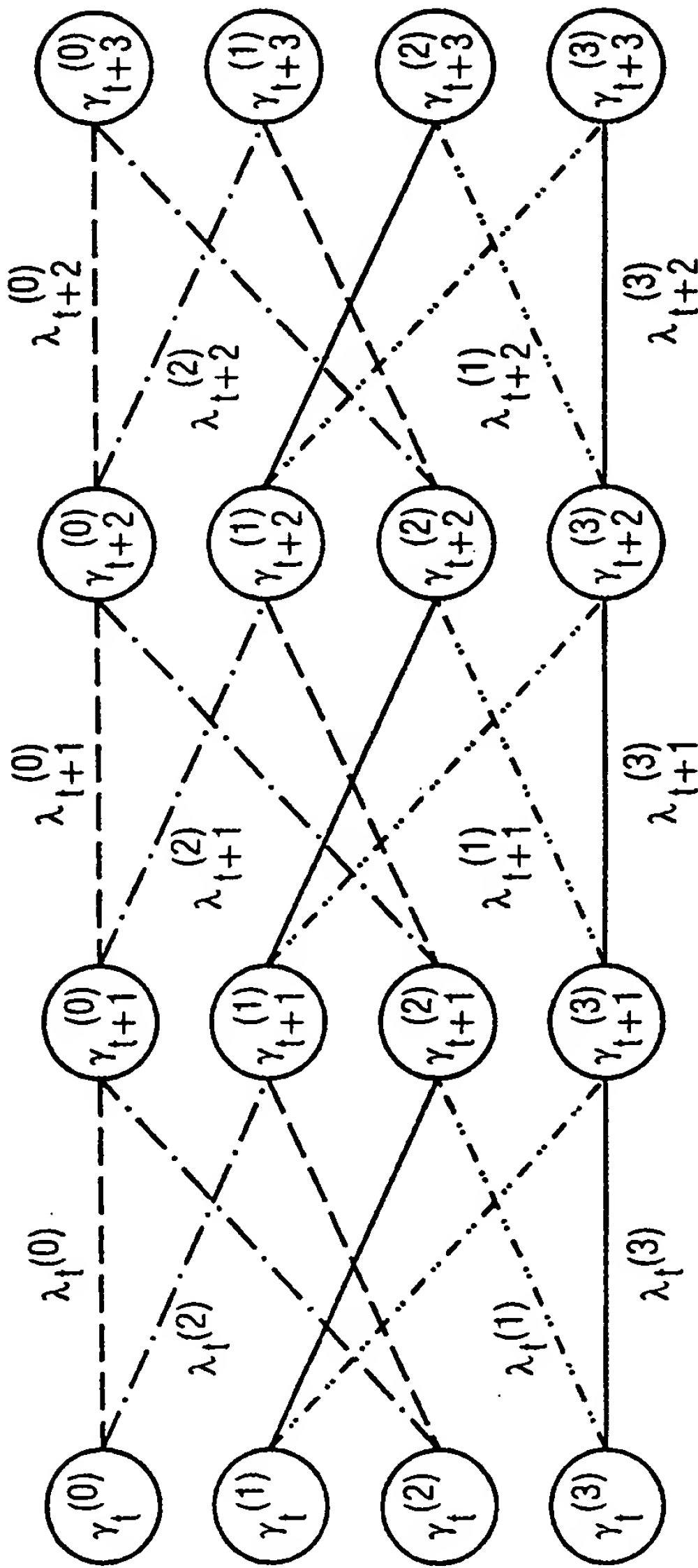


FIG 5

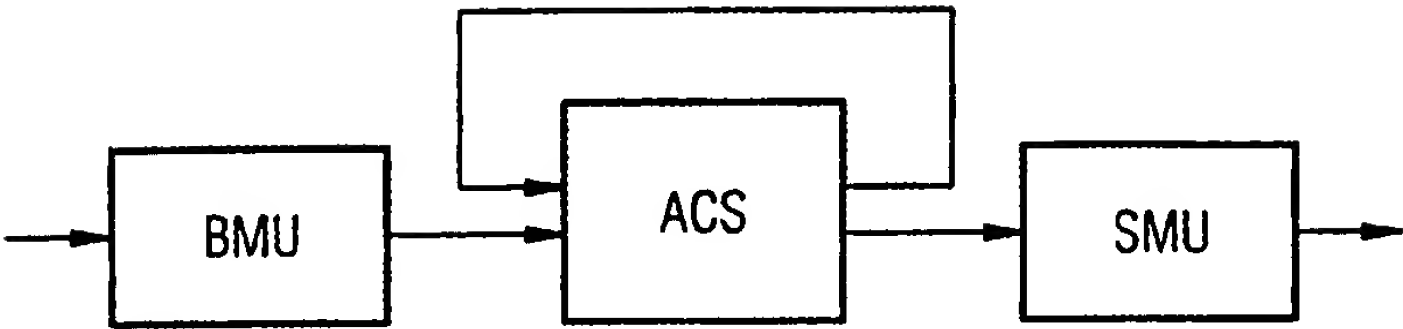
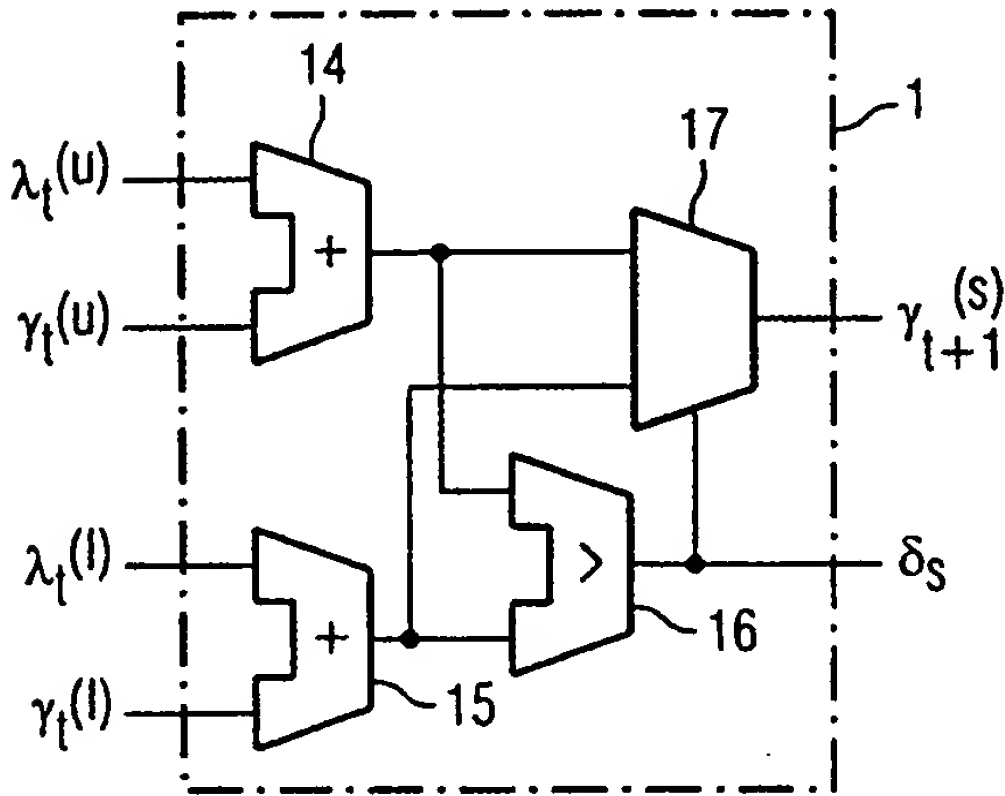


FIG 6

(Stand der Technik)



**FIG 7**  
(Stand der Technik)

